

# Rotutveckling och tillväxt i fält hos granplantor odlade i kopparbehandlade odlingssystem

*Root development and growth of copper pruned Norway  
spruce seedlings after outplanting*



*Kopparplanta i fält (foto Emma Johnsson, 2009)*

**Emma Johnsson**

Handledare: Johanna Witzell, SLU och Magnus Petersson, Södra

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 149

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2010

---



# Rotutveckling och tillväxt i fält hos granplantor odlade i kopparbehandlade odlingssystem

*Root development and growth of copper pruned Norway spruce  
seedlings after outplanting*



*Kopparplanta i fält (foto Emma Johnsson, 2009)*

**Emma Johnsson**

Handledare: Johanna Witzell, SLU och Magnus Petersson, Södra

Examinator: Eric Agestam

---

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 149

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2010

Examensarbete i skogshushållning ingående i jägmästarprogrammet. Kurskod (SLU) EX0505, D-nivå, 30hp

---



## Förord

Denna studie är ett examensarbete på D-nivå, omfattande 30 ETCS, och är en del av Jägmästarprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. Detta examensarbete är gjort på uppdrag av Södra Skogsägarna, för att undersöka om det finns någon skillnad mellan Södra-planta, som är odlad i kopparbehandlade odlingssystem, och plantor odlade utan kopparmålning efter det att plantorna har stått en tid ute i fält.

Jag vill rikta ett stort tack till min farmor, Ruth Johnsson, för uppehålle och hjälp vid fält- och laboratedelen av detta arbete. Utan dig, farmor, så hade det tagit dubbelt så lång tid! Tack till min handledare Johanna Witzell för allt stöd och bra kommentarer, under processen av att utföra och skriva detta arbete. Tack till Magnus Petersson och Södra för förtroendet att göra detta examensarbete. Tack till Alvesta-Växjö sbo för hjälpen att hitta lämpliga lokaler, lån av kartor mm och för att jag fick gräva upp plantor hos era medlemmar. Tack till personalen på Asa försökspark för att jag fick låna utrustning och lokaler för fält- och labbanalysen. Tack till min familj och vänner för att ni har haft förståelse för att jag inte har haft mer tid för er. Tack till farmors underbara grannar för lån av bilar när min egen vägrat starta. Tack till Jesper Witzell för att du korrekturläste mitt arbete. Samt ett stort tack till alla de markägare som har låtit mig gräva upp några av era plantor för att kunna utföra denna studie.

Emma Johnsson  
Helgagården,  
20 februari, 2010



## Innehållsförteckning

Förord .....	3
Sammanfattning .....	7
Abstract .....	9
1. Inledning .....	11
2. Material och Metoder .....	14
2.1 Inventeringslokaler .....	14
2.2 Fältinventering och laboratorieanalys.....	17
2.3 Statistisk analys.....	21
3. Resultat .....	22
3.1 Ovanjordtillväxt .....	22
3.2 Antal rötter .....	23
3.3 Rotvikter .....	23
3.4 Lokalens och planteringspunktens fuktighet .....	25
3.5 Skador .....	28
4. Diskussion .....	31
5. Slutsatser .....	32
Referenser .....	36

## Bilagor

Bilaga 1. Normalvärden(1961-1990) för klimat och tillväxtperiod för Kronobergs län





## Sammanfattning

Sedan täckrotplantornas introduktion i slutet av 1960 talet har man försökt att hitta odlingsätt som minskar rotformationer (t ex rotsnurr och rotnän) hos plantorna. När rötterna är deformerade ökar risken för instabilitet, stamkrökar, tjurved, rotröta och rotbrott hos trädet. Många olika behållartyper har tagits fram under åren. En av de senaste metoderna för att undvika deformationer går ut på att odlingsbehållarnas insidor beläggs med en kopparbaserad färg. Metoden innebär att rötterna, då de kommer emot den belagda kanten, slutar att växa på längden, roten går som i dvala. När sedan plantorna tas ur behållarna återfår rötterna sin längdtillväxt.

Under hösten 2009 samlades 300 täckrotsplantor av gran (*Picea abies*) in från olika lokaler i Alvesta-Växjö sbo. De var både kopparbehandlade (Cu-plantor) och icke behandlade (kontroll) och de var från två planteringssäsonger hösten 2008 och våren 2009. I fält mättes höjd, toppskottslängd och stamdiameter. I laboratoriet räknades antal rötter från tre delar av substratklumpen. Sedan torkades rötterna och vägdes.

Resultaten visar för flertalet variabler att kopparbehandlingen har positiv effekt på plantornas utveckling både ovan och under jord. Detta syns tydligare på Cu-plantorna från planteringssäsongen hösten 2008 jämfört med sin kontroll än de från våren 2009. Detta kan bero på att Cu-plantorna från 2009 är i en tidigare etableringsfas än de från 2008.

Resultaten av denna studie tyder på att kopparbehandlingen uppfyller sitt syfte. Plantorna etablerar sig bättre och har bättre tillväxt för flertalet variabler jämfört med plantor odlade utan koppar. Rotknäna är signifikant färre hos Cu-plantorna under båda planteringssäsongerna jämfört med kontrollplantorna. Detta tyder på att rotdeformationerna är totalt färre hos plantor som har odlats i kopparbehandlade odlingssystem.



## Abstract

In the late 60's container seedling were introduced in Sweden as a result of the mechanisation of the forest sector. The main problem with seedlings grown in containers is the risk of root circling and other root malformations such as knees. The main risks with root malformation are that the plants are difficult to establish when planted and that the risk of instability increases. Many different types of containers have been developed during the years with the goal of reducing these malformations. One of the latest methods for reducing the malformations is chemical root pruning. In this case of chemical root pruning the containers insides are coated with cupric hydroxide, SpinOut®. When the root tip reaches the edges of the container it stops growing on the length, i.e., the root do not change direction and there will not be a knee or circling. The elongation of the root will resume when the seedling is removed from the container. The goal with copper-treated containers is that the plants will get a more natural root system and establish quicker.

During the fall of 2009 300 Norway spruce (*Picea abies*) seedlings, both copper-treated (Cu-plants) and untreated plants (control), from two planting seasons, fall of 2008 and spring of 2009, were measured and collected from different sites in southern Sweden. In the field, the height and stem diameter of the plants were measured. In the laboratory all roots over 0.5 mm in diameter were counted from three different zones of the growth substrate and the root knees, i.e., roots over 1 mm in diameter that have a 90-degree angle in the surface of the growing substrate, were counted. Thereafter the roots were dried and the dry weights were recorded.

The Cu-plants planted in fall of 2008 had for most of the variables a positive significant different from the control. The root collar diameter, height, and dry weight were higher. For most of the root variables the number of roots and the dry weights were higher of the Cu-plants than the control for that particulate planting season. For the seedlings planted in the spring of 2009 the differences between the Cu-plants and control plants were less pronounced. The Cu-plants were higher and had a higher dry weight. The total number of roots and the number of roots coming out from the top part of the substrate was in Cu-plants higher than in the control plants. For both planting seasons the Cu-plants had significantly lower number of root knees. The less pronounced responses in Cu-plants planted in 2009 may be linked to their earlier developmental stage and shorter acclimation time in the field.

The results of this study indicate that Cupric thinning of seedling roots in nurseries promotes proper development of root system and establishment in the field.

*Keywords: Picea abies, container seedlings, root malformation, root circling, chemical root pruning, cupric hydroxide, copper-coating, SpinOut*



## 1. Inledning

Vid förnygring med gran (*Picea abies*) i södra Sverige används framför allt plantor producerade i plantskolor (Johansson & Welander, 2006). De allra flesta av dessa plantor är *täckrotsplantor* som har odlats fram i odlingsbehållare (Johansson & Welander, 2006). De första täckrotsplantorna introducerades i Sverige i slutet av 60-talet som en följd av rationaliseringen av skogsbruket (Ackzell, 1998). Täckrotsplantor är enkla att plantera. Odlingen av dem kan till stor del göras maskinellt och plantorna är generellt tåliga och relativt lätta att förvara och hantera. Det problem som man har haft med denna typ av plantor, fram för allt i de tidiga odlingssystemen, är att behållarens hårda väggar begränsar rotsystemets naturliga 3-dimensionella tillväxt. (Johansson & Welander, 2006; Roswall, 1998; Lindström, 1998 m fl). I brist på utrymme i behållaren börjar rötterna växa runt i behållaren och bildar då s.k. rotsnurr och andra deformationer (t ex rotknä) (Roswall, 1998). Att rotsystemet är deformerat kan påverka plantans etableringsförmåga (Johansson & Welander, 2006; Roswall, 1998) och i värsta fall kan träden senare bli instabila och risken för rotbrott ökar (Roswall, 1998). Om plantorna inte etablerar sig som de ska kan det leda till att man måste utföra kostsamma hjälpplanteringar vilket leder till en försenad och eventuellt minskad inkomst från beståndet. Rotsnurr hos plantorna kan även öka risken för svampsjukdomar, som t ex rotröta (Lindström, 1998). Att ta fram täckrotsplantor med ett välförgrenat och fungerande rotsystem, som snabbt etablerar sig och är tåliga mot angrepp av snytbagge (*Hylobius abietis*), är därför ett mycket högprioriterat mål för plantskolorna.

En granplanta med ett bra rotsystem har en väl utvecklad huvudrot från vilken lateralrötterna utgår horisontellt och i radiell symmetri (Rosvall, 1998). I takt med att plantan blir äldre blir lateralrötterna mer dominerande (Rosvall, 1998). För att lösa problemet med rotdeformationer har man under årens gång utvecklat ett antal olika varianter på odlingsbehållare (Johansson & Welander, 2006). Man har till exempel odlingsbehållare med spalter eller lister (t ex HIKO) som är tänkta ska leda rötterna nedåt, istället för att dessa börjar snurra (Johansson & Welander, 2006). Problemet är att rotknäna och en viss risk för rotsnurr blir kvar.

En annan variant för att kontrollera rötterna är att beskära dem, antingen mekaniskt eller kemiskt. För att beskära mekaniskt kan man till exempel använda sig av luft, behållarens väggar är då försedda med luftspalter. När rötterna når luften är det tänkt att de ska torka (Rosvall, 1998). Några av de tänkta fördelarna med luftbeskärning är att luften är en gratis och miljövänlig substans, men problemet med luftbeskärning är att rötterna inte alltid torkar ut optimalt (Henriksson, 2009). Det kan vara för att luften är för fuktig eller att behållarna är för nära varandra och roten växer över till en annan behållare osv. När man sedan ska lyfta upp plantorna som har varit odlade i luftbeskärningsbehållare sitter de ofta fast i behållarna vilket skapar extra arbete (Henriksson, 2009).

Kemiska beskärningsmetoder baseras på att kemikalierna reglerar rötternas tillväxt. Ett exempel på en sådan kemikalie är koppar. Koppar är en viktig beståndsdel i enzymer som är nödvändiga för växters ämnesomsättning (Ellergård, 1995 & Nilsson, 2008). Koppar är en så kallad tungmetall som i större mängder verkar toxiskt på växter (Ellergård, 1995; Nilsson, 2008) (enligt Ellergård, 1995, ligger nivån för toxicitet på >5mg/l jord hos sädeslag) och har en hämmande effekt på rötter (Ellergård, 1995). Koppar finns naturligt förekommande i jordskorpan (Täljemark & Öberg, 2003) och i markvätskan (Ellergård, 1995). Vanligast i marken förekommer koppar som en tvåvärd katjon och kan absorberas till markens kolloider (Ellergård, 1995). Toxiciteten och biotillgängligheten hos koppar beror bl a på vattnats hårdhet, pH, humus innehåll och förekomst av andra metaller (Täljemark & Öberg, 2003). Toxiciteten minskar med ökat pH. Även förekomst av natrium och organiskt material sänker toxiciteten hos koppar (Täljemark & Öberg, 2003).

I praktiken sker den kemiska beskärningen genom att behållarnas innerväggar målas med en kopparlösning. När rötterna växer emot behållarväggarna hämmas deras tillväxt horisontellt (Rosvall, 1998). Eftersom den förlängda tillväxten av rötterna är hämmad börjar rötterna bilda sekundära lateralerötter och rotsystemet får då ett flaskborstliknande intryck (Figur 1) (Rosvall, 1998; SePRO, 2010). Vid plantering återtar de hämmade rötterna sin längdtillväxt (Rosvall, 1998; Zahreddine m fl., 2004). Kopparplantor får ett mer naturligt rotsystem och etablerar sig snabbare än plantor odlade utan koppar (Beeson & Newton, 2002).

Kopparbehandling används idag av t ex Södra Odlarna som är en av de största plantproducenterna i Sverige. Exempelvis har Odlarnas så kallade *Södra-plantan*, som pga sin grova stam klarar snytbaggeangrepp och är lätt att plantera, odlats i kopparbehandlade behållare för att få fram ett finförgrenat rotsystem (Södra Odlarna, 2009). Den kopparfärg som Södra Odlarna har valt att använda sig av är SpinOut® 300 (SePRO, 2006) som är en vattenbaserad latexbeläggning/färg som innehåller kopparhydroxid.

Kopparbehandlingens effekt på plantans rotsystem i plantskolan har testats såväl i Sverige som i andra länder (Wenny, 1988; Nelson, 1992; Aldrete m fl., 2002; Petersson, *muntl.*). Däremot vet man fortfarande relativt lite om den fortsatta utvecklingen i rötternas (och hela plantans) tillväxt och morfologi hos dessa plantor i fält under första åren efter planteringen.

Syftet med detta examensarbete är att ta reda på om rotutveckling och ovanjordtillväxt under etableringsfasen (ca 0,5-1 år efter plantering på hyggen) skiljer sig mellan täckrotsplantor som har odlats fram i behållare med eller utan kopparbehandling. Forskningshypotesen som testas är att rötterna får en bättre utveckling i fält när de odlas i kopparbehandlade odlingsbehållare. Denna studie handlar uteslutande om Södras

Odlarnas egna plantor och omfattar bara täckrotsplantor av gran som har planterats på uppdrag av Södra åt sina medlemmar.



**Figur 1.** Tvättad substratklump hos en planta odlad i koppar, där endast rötterna finns kvar. Notera det flaskborstliknande intrycket av rötter. Foto Emma Johnsson 2009.

## 2. Material och Metoder

### 2.1 Inventeringslokaler

För att studera hur kopparbehandling påverkar plantans tillväxt efter plantering inventerades under hösten 2009 totalt 300 plantor från 20 lokaler (hyggen) inom Södras verksamhetsområde. De undersökta lokalerna valdes ut slumpmässigt bland de lokaler som uppfyllde följande kriterier:

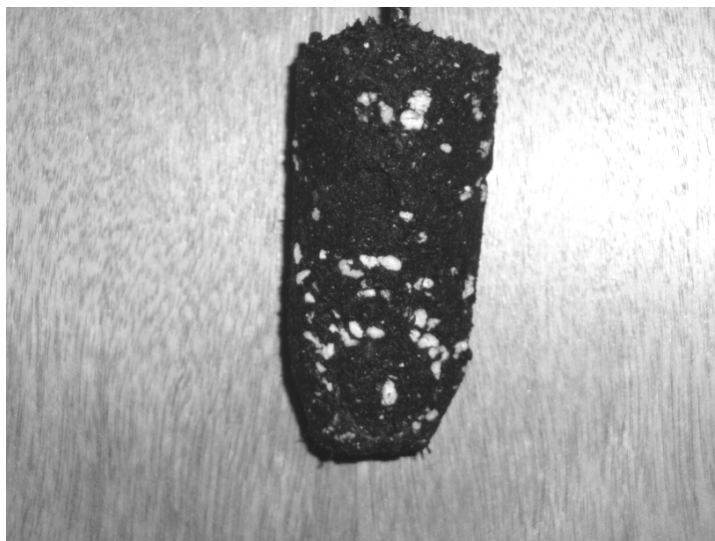
- Lokalerna skall finnas inom Alvesta-Växjö skogsbruksområde (sbonr 911/Södra Skogsägarna). Denna begränsning gjordes av praktiska skäl och för att det planteras mycket täckrot på området. För klimatförhållande och vegetationsperiod mm i Kronobergs län (se Bilaga 1).
- Plantorna var planterade hösten 2008 eller våren 2009. Dessa var de enda planteringssäsonger då kopparbehandlade plantor hade planterats i större skala i sbo 911 och det samtidigt planterats plantor som inte var kopparbehandlade.
- Endast lokaler där plantornas ursprung tydligt framgår (dvs. stambrevsnummer finns) ingick i studien. Stambrevsnumret användes för att få fram information om huruvida plantorna hade odlats i kopparbehandlade odlingsystem eller inte.
- Endast lokaler där inga hjälpplanteringar gjorts efter planteringen 2008 eller 2009 ingick i studien.
- Lokalen måste vara större än 1 hektar. Detta för att få en bra spridning på plantorna över lokalen.
- Plantorna skall vara av åldern 1,5 år vid planteringstillfället. Detta för att det bara var vid den ålder som, vid valda planteringssäsonger, det fanns både plantor som var odlade i kopparbehandlade odlingsbehållare och plantor odlade i ickebehandlade behållare
- Lokalerna var planterade med a) plantor från Södra Odlarna odlade i HIKO V93odlingsbehållare som har varit målade med kopparlösning (Figur 2) eller b) plantor från Södra Odlarna odlade som vanligt, dvs. utan kopparlösningen, i HIKO V93 behållare (Figur 3). Plantor i kategori a) kallas hädanefter för Cu-plantor och plantor i kategori b) för kontrollplantor.
- Lokalerna valdes slumpmässigt genom att lista leverantörsnummer hos Södra och välja de med lägst nummer för varje planteringssäsong och kategori (max en lokal per leverantörsnummer). Lokalerna delades in i antal lokaler från vardera kategori (Cu och kontroll) samt planteringssäsong enligt Tabell 1.

Det bör noteras att Cu-plantor hade sitt ursprung i Bredinge plantagen på Öland medan kontrollplantorna härstammade från nordöstra Europa. Alla plantor odlades och lagrades dock vid standardförhållanden på plantskolor. Såväl kontrollplantor som Cu-plantor behandlades mot snytbagge.



**Tabell 1.** Antal lokaler från vardera planteringssäsong och odlingssätt (Cu = kopparbehandlade behållare, kontroll = obehandlade behållare).

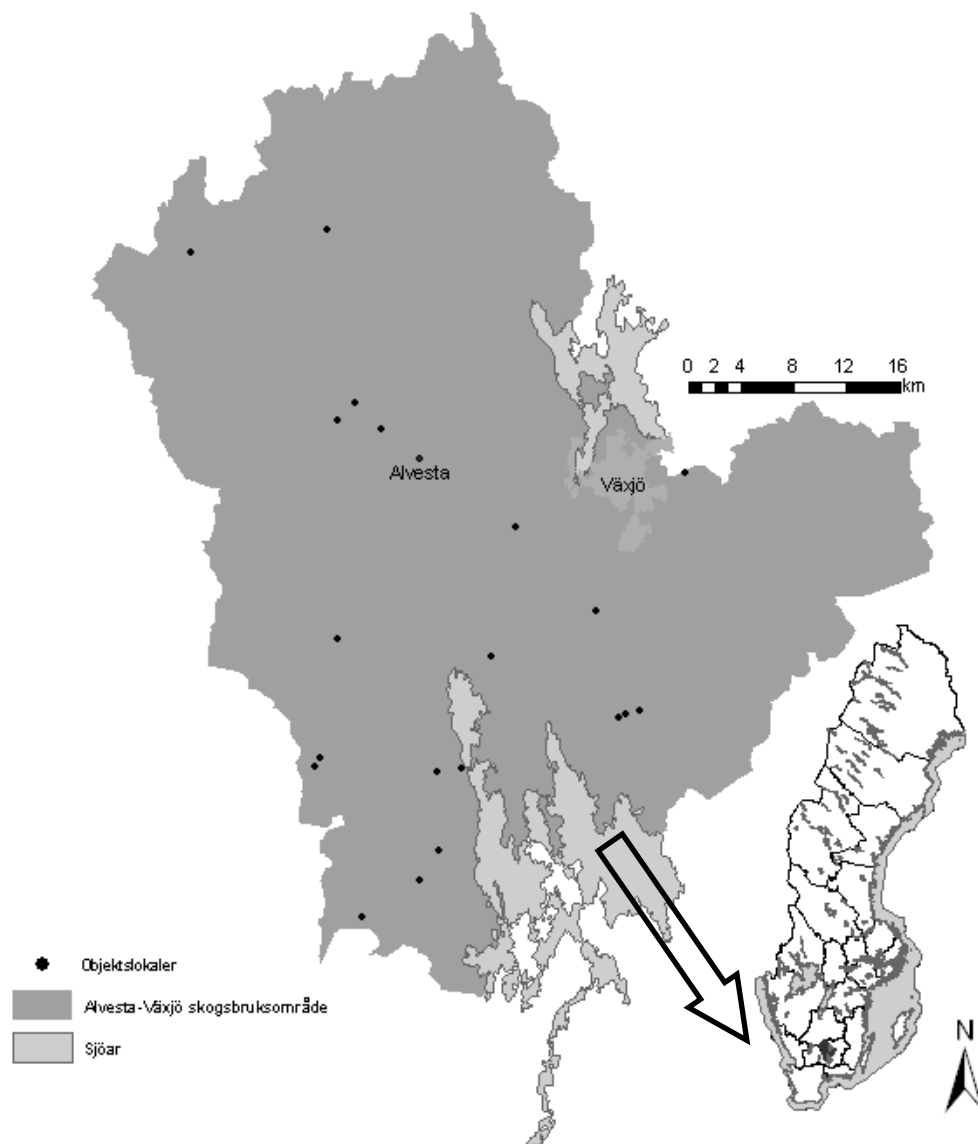
Säsong/Kategori	Cu	Kontroll
Hösten 2008	5	5
Våren 2009	5	5



**Figur 2.** Exempel på rotutveckling i behållare med koppar. Rötterna har inte vuxit ut till den kopparbehandlade insidan av behållaren och därför syns inga rötter. Foto Emma Johnsson, 2009.



**Figur 3.** Exempel på rotutveckling i behållare utan koppar. Rötterna har följt insidan av behållaren och följt de längsgående listerna tills de nått botten av behållaren. Foto Emma Johnsson, 2009.



**Figur 4.** Karta över spridningen av lokaler inom Alvesta-Växjö sbo (sbo911)

## 2.2 Fältinventering och laboratorieanalys

Plantor från fem lokaler från varje planteringssäsong och behandling undersöktes. I fält noterades lokalens fuktighetsklass (1-4). Lokalen numrerades med en tvåsiffrig id kod för att lätt kunna skilja om plantor på lokalen var kopparbehandlade eller inte.

Femton plantor per lokal valdes ut jämt fördelade på en linje tvärs över lokalen. Plantorna id-märktes med fyra siffror, de två första efter lokalnumret och de två sista efter ordningen de mättes i fält.

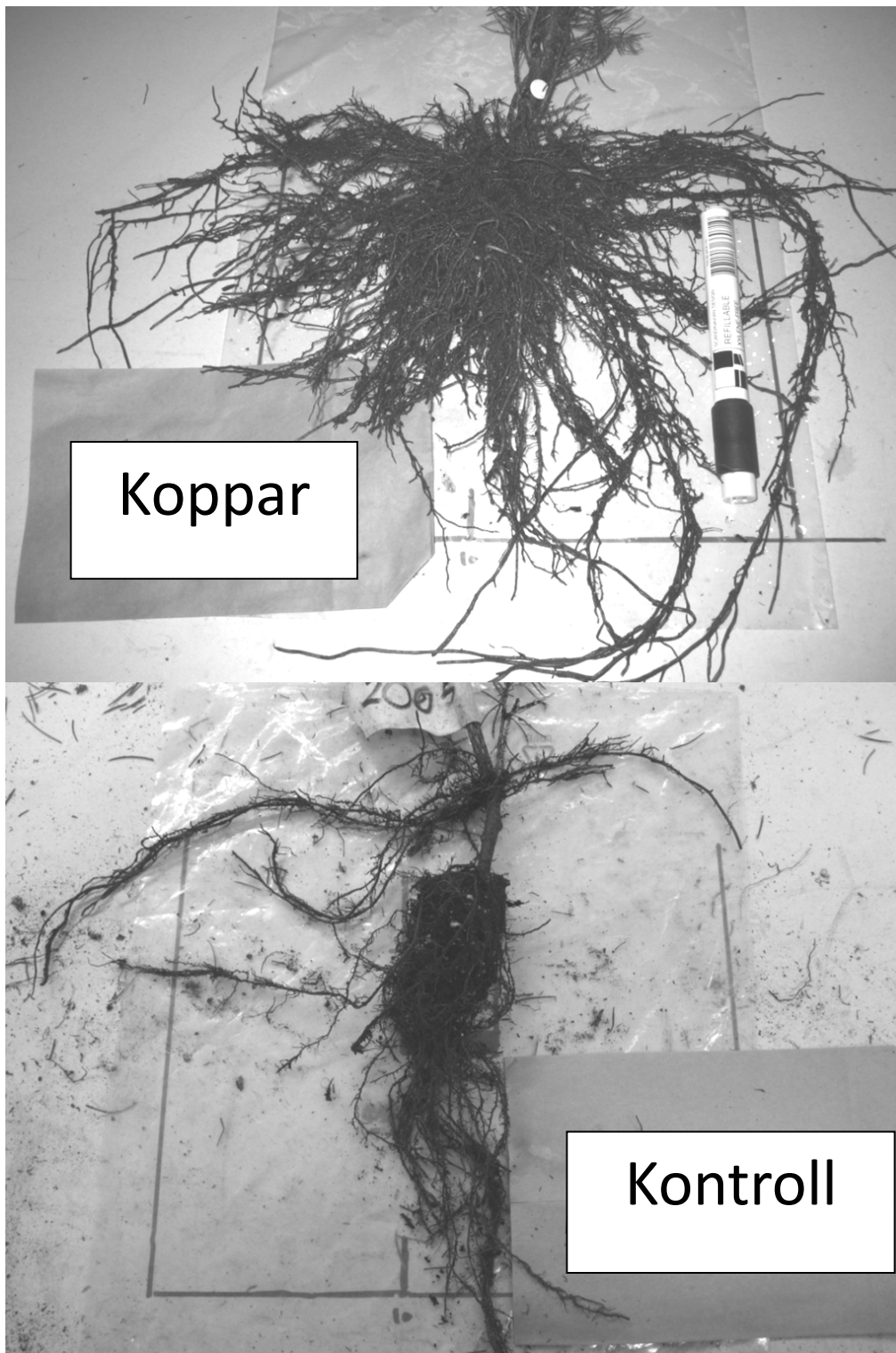
Planteringspunktens fuktighetsklass (1 = torrt, 2 = friskt, 3 = fuktigt eller 4 = blött) noterades. Varje planta undersöktes även med avseende på skador av vilt, frost eller annan skada. Skadorna klassades på en skala från 0 till 3 (0 = inga skador, 1= lätta

skador, 2= måttliga skador och 3 = svåra skador). Om plantan bedömdes som död eller livshotande skadad valdes närmsta livsdugliga planta.



**Figur 5.** Höjdmätning i fält. Foto Emma Johnsson, 2009.

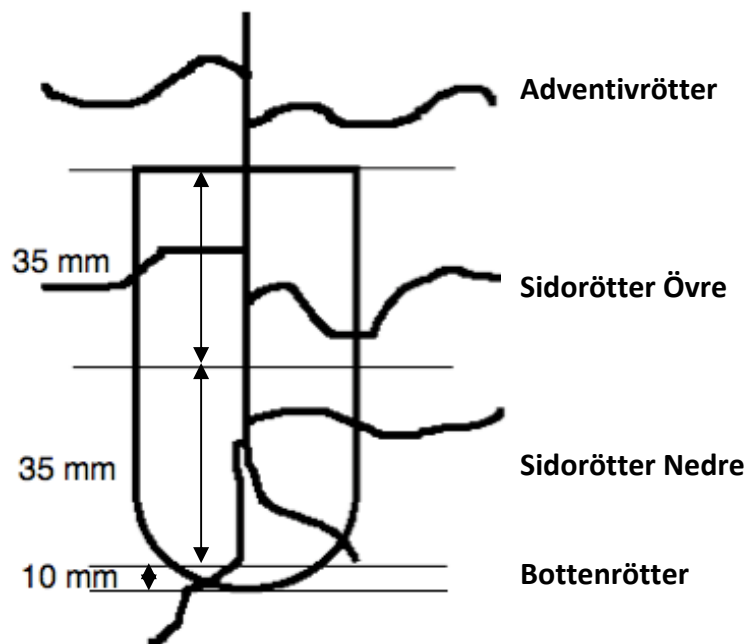
I fält mättes även plantans höjd (Figur 5), toppskottets längd samt diametern vid rothalsen. Efter att fältmätningarna var klara grävdes alla mätta plantor upp med en rotklump på ca 15x15 cm. Plantan togs därefter till laboratoriet för ytterligare mätningar.



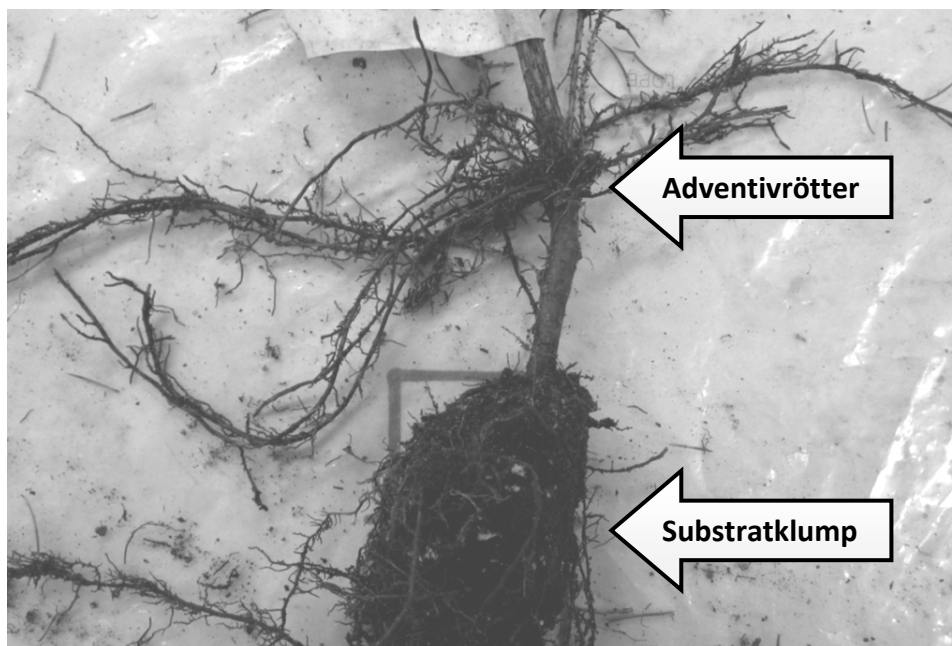
**Figur 6.** Exempel på rotutveckling på plantor odlade med (ovan) resp. utan (nedan) koppar. Foto Emma Johnsson, 2009.

I laboratoriet tvättades rötterna så de blev fria från jord och organiskt material men substratklumpen lämnades intakt (Figur 6). Alla rötter med diameter över 0,5 mm som utgick från de tre delarna av substratklumpen (se Figur 7) räknades. Bottendelen var i båda kategorierna obehandlad för koppar. Adventivrötterna (se Figur 7 och Figur 8), dvs. rötter från plantans stam som hamnade under marknivå vid planteringen (Hofsten, 1998) räknades. Även antalet rotnän, dvs. enskilda rötter med en diameter  $\geq 1$  mm och ett markerat veck ( $\approx 90$  grader vinkel) i ytan på substratklumpen, räknades.

Rötterna klipptes bort från substratklumpen. Ju längre ut från substratklumpen man kommer desto större är risken att roten gått av vid uppgrävningen och därför studerades endast de första 10 cm av roten från substratklumpen. Denna bit antogs vara intakta och det är den som härnäst går under benämningen rot. Alla växtdelar torkades i 24 timmar vid 70 °C i en torkugn. Efter torkningen vägdes alla delar för att få fram rotbiomassan och ovanjordsbiomassan (stam, grenar och barr) hos plantan.



**Figur 7.** Schematisk bild av substratklumpens delar.



**Figur 8.** Exempel på adventivrötter. Foto Emma Johnsson, 2009.

### 2.3 Statistisk analys

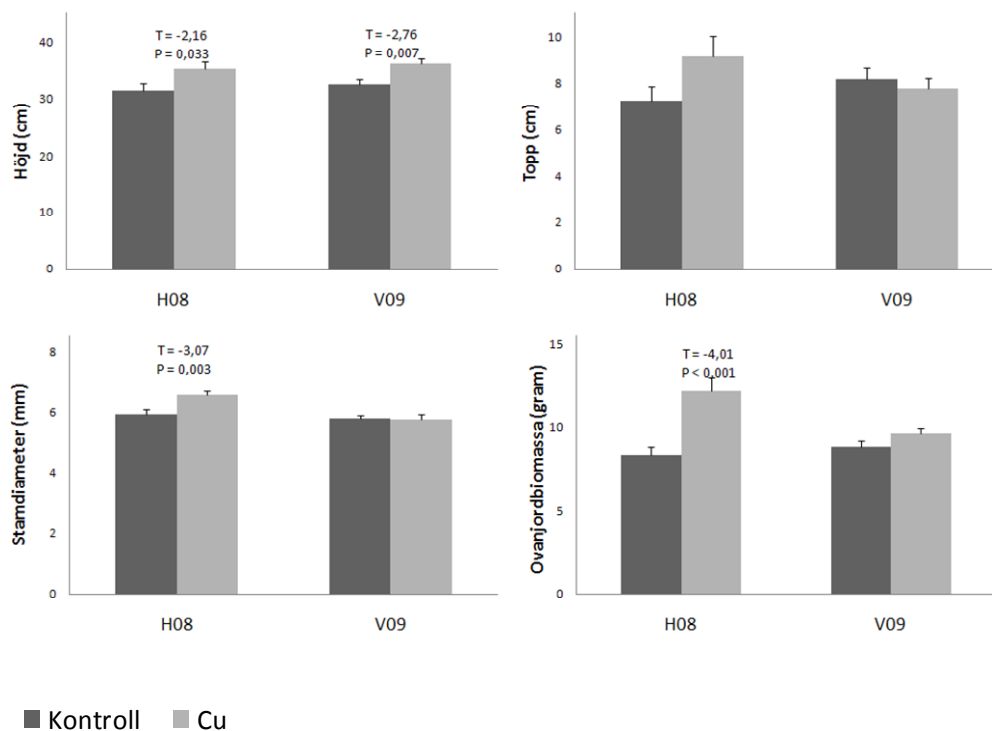
Minitab® 15 Statistical Software ([www.minitab.com](http://www.minitab.com)) användes vid de statistiska analyserna. Data från alla fem lokalerna inom en viss kategori och planteringssäsong kombinerades ( $n=74$  eller  $75$ ) och skillnader mellan kategorier studerades med hjälp av tvåvägs t-tester. Om en normalfördelning inte förekom för variabeln, rot-transformerades data. Om variabeln fortfarande inte var normalfördelad efter transformationen användes ett icke-parametriskt test (Wilcoxon Mann-Whitney test). Kruskal-Wallis test användes för att studera effekten av skador (typ och grad) och fuktighetsklass på olika tillväxtvariabler.

### 3. Resultat

#### 3.1 Ovanjordtillväxt

Jämfört med kontrollplantorna var planthöjden signifikant högre hos Cu-plantorna (Figur 9). För planteringssäsongen hösten 2008 var även stambasdiametern och ovanjordbiomassan signifikant högre hos Cu-plantorna. Även toppskottet tenderade att vara högre hos kopparbehandlade plantor som planterats hösten 2008, men denna skillnad var inte signifikant.

För planteringssäsongen 2009 syns ingen signifikant skillnad mellan behandlingarna för stambasdiametern, toppskottets längd eller ovanjordbiomassan, men däremot för höjdtillväxten där Cu-plantorna är högre.



**Figur 9.** Ovanjordtillväxt (höjd, toppskottets längd, stamdiameter och total biomassa) hos kontroll och Cu-plantor som planterats hösten 2008 eller våren 2009. Staplarna anger medelvärdet (med medelfel) av 74 (kontroll H08) eller 75 (övriga) plantor från fem lokaler per behandling och säsong. Signifikanta skillnader mellan behandlingar visas med relevanta T-värden och signifikansnivå  $P$  ( $\alpha \leq 0,05$ ).



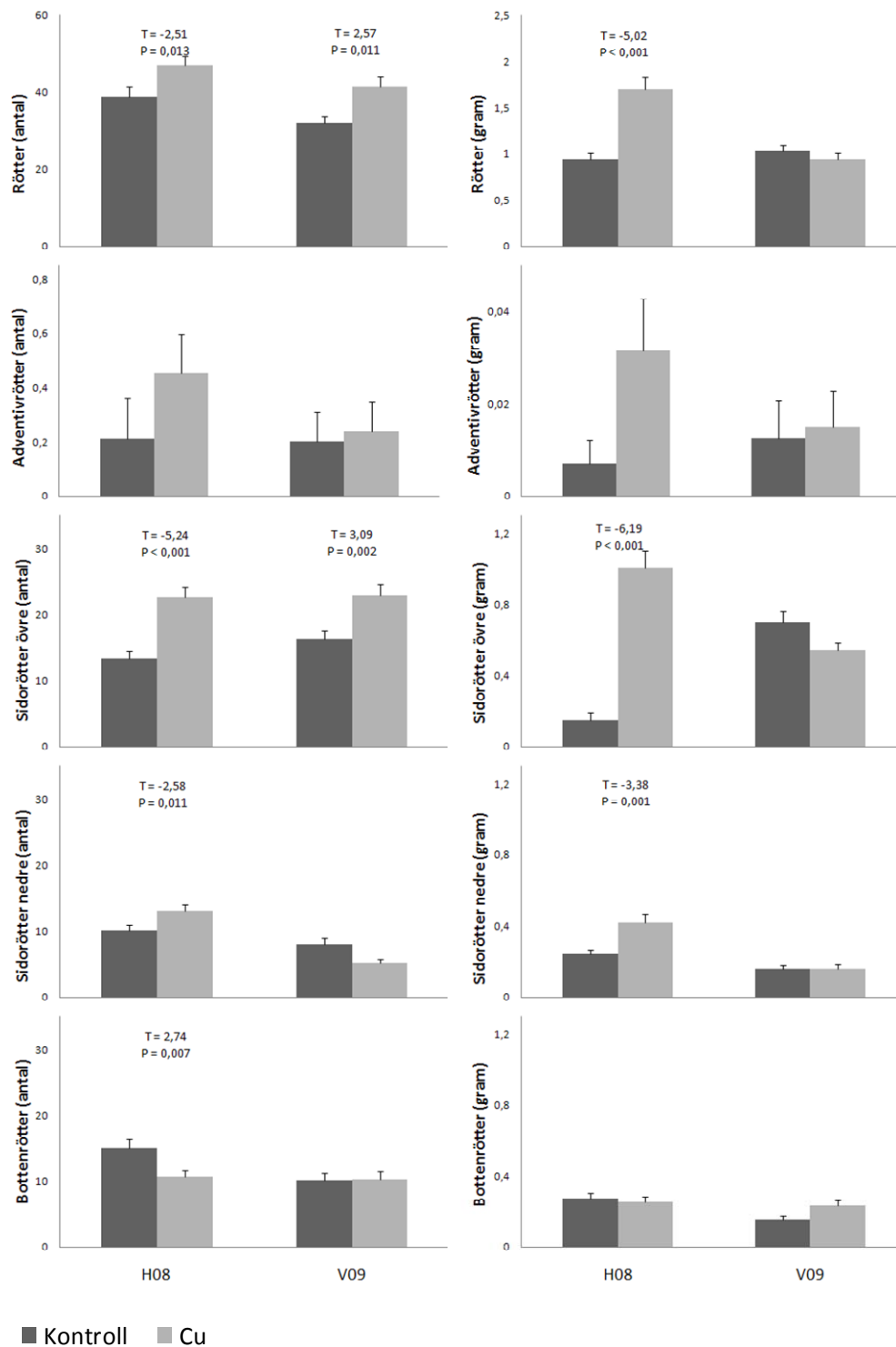
### 3.2 Antal rötter

Under båda planteringssäsongerna var det totala antalet rötter samt antalet rötter från den övre delen av rotklumpen högre hos Cu-plantorna än hos kontrollplantorna (Figur 10, vänstra spalten).

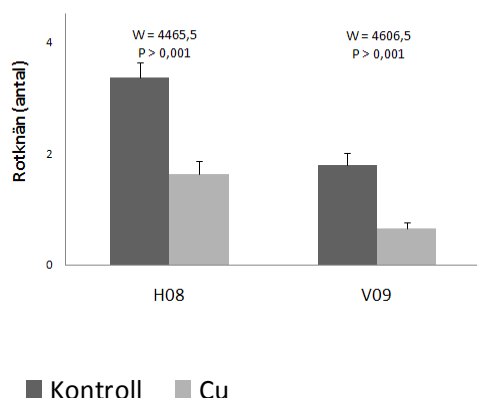
Hos plantor som planterats under hösten 2008 var sidorötternas antal från den nedre delen av rotklumpen högre och antalet rötter från botten lägre hos Cu-plantor än hos kontrollplantor (Figur 10, vänstra spalten). Även antalet adventivrötter tenderade att vara högre hos Cu-plantor, men denna skillnad var inte signifikant vare sig för plantor som hade planterats under 2008 eller 2009. För plantor från planteringssäsongen våren 2009 syntes ingen skillnad i rötternas antal mellan Cu- och kontrollplantor. Cu-plantorna har dock signifikant färre rotnän än kontrollplantorna, oavsett planteringssäsong (Figur 11).

### 3.3 Rotvikter

Under planteringssäsongen hösten 2008 var den totala rotbiomassan utanför rotklumpen, vikten av rötter från den övre samt nedre delen av rotklumpen signifikant högre hos Cu-plantor (Figur 10, högra spalten). För övriga variabler från planteringssäsongen 2008 samt alla variabler under planteringssäsongen 2009 fanns inga signifikanta skillnader mellan behandlingar.



**Figur 10.** Totalt antal rötter, antal adventivrötter, antal rötter i rotklumpens olika delar (vänstra kolumnen i bildpanelen) samt motsvarande torr vikter (högra kolumnen) hos kontroll- och Cu-planter som planterats hösten 2008 eller våren 2009. Staplarna anger medelvärdet (med medelfel) av 74 (kontroll H08) eller 75 (övriga) planter från fem lokaler per behandling och säsong. Signifikanta skillnader mellan behandlingar visas med relevanta T-värden och signifikansnivå P ( $\alpha \leq 0,05$ ).



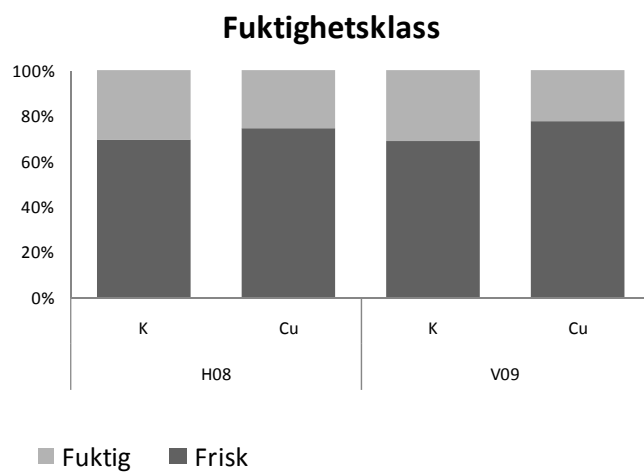
**Figur 11.** Antal rotknän (medelvärde och medelfel,  $n=74$  för kontrollplantor som hade planterats under hösten 2008 eller 75, för övriga) i ytan av rotklumpen. Värdet av  $W$  och  $P$  (Mann-Whitney test,  $\alpha \leq 0,05$ ) ovanpå staplarna visar där det finns en signifikant skillnad mellan behållarbehandlingarna (kontroll och Cu).

### 3.4 Lokalens och planteringspunktens fuktighet

Lokaler klassificerades under två fuktighetsklasser frisk (klass 2) och fuktig (klass 3). Fördelningen mellan fuktig och frisk var jämn för de olika säsongerna och behandlingarna (ca 30 % fuktig och 70 % frisk; Figur 12).

Under planteringssäsongen 2008 var höjden och stammens diameter signifikant högre hos kontrollplantor planterade på fuktiga punkter än på friska (Tabell 2). Planteringspunktens fuktighet hade dock ingen effekt på Cu-plantorna som hade planterats under hösten 2008.

Planteringspunktens fuktighet hade en signifikant effekt på Cu-plantornas rötter under planteringssäsongen våren 2009 (Tabell 2). Cu-plantorna hade en signifikant lägre tillväxt (antal och vikt) i klumpens nedre del och botten på fuktiga ställen än på friska. Även hos kontrollplantorna minskade bottenrötternas tillväxt (antal och vikt) när fuktigheten ökade. Samtidigt ökade dock ovanjordstillväxten (biomassa och diameter). Hos Cu-plantorna fanns däremot ingen ökning i ovanjordsbiomassa eller i rotklumpens övre del.



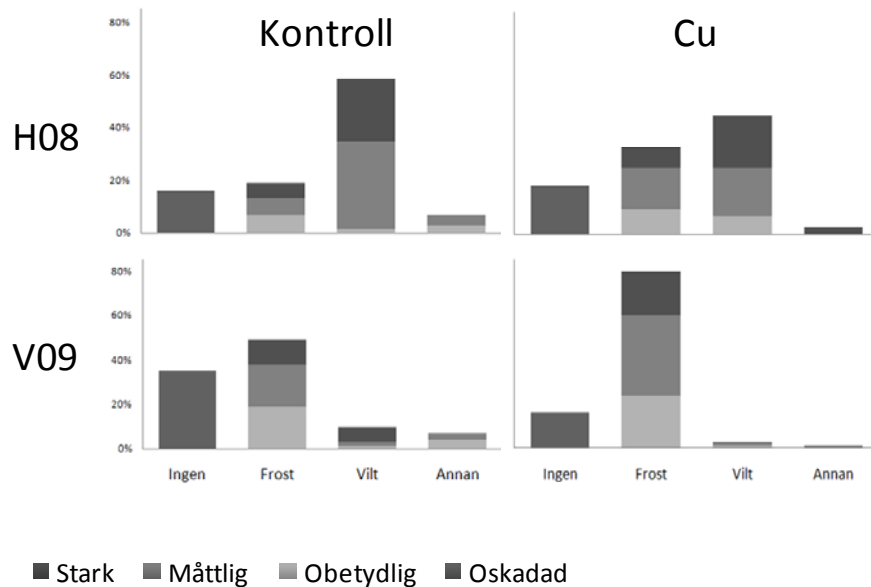
**Figur 12.** Fördelningen mellan plantor (kontroll och Cu) på en frisk respektive fuktig planteringspunkt för de två planteringssäsongerna (hösten 2008 och våren 2009).

**Tabell 2.** Effekten av fuktighet (fuktig eller frisk) på olika tillväxtvariabler för plantor som har odlats fram i kopparbehandlade- (Cu) eller kontrollbehållare (K) och planterats under hösten 2008 (H08) eller våren 2009 (V09) . En pil indikerar signifikant skillnad för en tillväxtvariabel (rad) mellan plantor på friska och fuktiga punkter inom en kategori och planteringssäsong (kolumn). Pilens riktning indikerar om värden för fuktighetsklass 3 (fuktig) var högre (pil pekar uppåt) eller lägre (pilen pekar nedåt) än värden för fuktighetsklass 2 (frisk) (Kruskal-Wallis test). Exempelvis har höjdtillväxt och stammens vikt för kontrollplantor som har planterats under hösten 2008 varit signifikant högre i plantor som har vuxit på fuktiga platser än för plantor som vuxit på friska platser medan fuktighet påverkade inte någon av tillväxtvariabler i kopparbehandlade plantor från samma säsong.

Planteringssäsong Kategori	Hösten 2008		Våren 2009	
	K	Cu	K	Cu
Tillväxtvariabel				
Höjd	↑			
Toppskott				
Stamdiameter			↑	
Antal sidorötter (övre)				
Antal sidorötter (nedre)				↓
Antal rötter (botten)			↓	↓
Vikt sidorötter (övre)				
Vikt sidorötter (nedre)				↓
Vikt rötter (botten)			↓	↓
Vikt stam	↑		↑	
Total antal rötter				↓
Total vikt rötter				↓

### 3.5 Skador

I fält noterades orsak och skadegrad för respektive plantas allvarligaste skada. De två dominerande skadorna var viltbetning och frost (Figur).



**Figur 13.** Frekvens av dominant skada och graden av denna på kontrollplantorna (till vänster) och Cu-plantorna (till höger) som hade planterats under hösten 2008 (övre bilder) eller våren 2009 (nedre bilder). Stapelns färg visar graden av skadan.

Graden av hur allvarlig skadan var hade en signifikant effekt på många av plantornas egenskaper, oavsett om de hade odlats i behållare med eller utan kopparbehandling (Tabell 3). I många fall orsakade de allvarligaste skadorna (grad 3) störst förluster på de tillväxtparametrar som mättes i studien. I de flesta fall var dock minskningen inte linjär: t ex planter som planterats hösten 2008 och hade skadegrad 1 eller 2 visade en högre ovanjordstillväxt (höjd, toppskottslängd, stamdiameter och stamvikt) än motsvarande planter med skadegrad 0 (oskadad).

**Tabell 3.** Effekten av skadornas grad på olika tillväxtvariabler för plantor som har odlats fram i koppar behandlade- (Cu) eller kontrollbehållare (K) och planterats under hösten 2008 (H08) eller våren 2009 (V09). En stjärna indikerar signifikant skillnad hos en tillväxtvariabel (rad) mellan plantor i en kategori och planteringssäsong (kolumn) (Kruskal-Wallis test). Bokstav "L" intill stjärnan betyder att skadornas effekt var linjär (dvs. att median för tillväxtvariabel minskade i ordning skadegrad 0 >1 >2 >3). Exempelvis har höjdtillväxt och toppskottets tillväxt påverkats signifikant av skadornas grad för alla plantor (linjärt i kontrollplantor som planterats under våren 2009), medan antal rötter från substratklumpens botten påverkades signifikant men olinjärt av skadegrad enbart för kontrollplantor som hade planterats under våren 2009.

Planteringssäsong Kategori	Hösten 2008		Våren 2009	
	K	Cu	K	Cu
<i>Tillväxtvariabel</i>				
Höjd	*	*	* <sub>L</sub>	*
Toppskott	*	*	* <sub>L</sub>	*
Stamdiameter	*	*	*	
Antal sidorötter (övre)	*	*	*	
Antal sidorötter (nedre)		*	* <sub>L</sub>	
Antal rötter (botten)			*	
Vikt sidorötter (övre)		* <sub>L</sub>		* <sub>L</sub>
Vikt sidorötter (nedre)	*	* <sub>L</sub>	* <sub>L</sub>	
Vikt rötter (botten)		*	*	
Vikt stam	*	*	*	
Total antal rötter	*	* <sub>L</sub>	*	
Total vikt rötter	*	* <sub>L</sub>	* <sub>L</sub>	* <sub>L</sub>

Viltbetning av plantan var den skada som orsakade de största förlusterna i kontrollplantornas tillväxt för båda planteringssäsongerna (Tabell 4). Betningen minskade även höjdtillväxten signifikant hos Cu-plantorna som planterats 2008. Hos dessa plantor hade även bottenrötternas vikt minskat signifikant, men av andra skador än vilt och frost. Inga signifikanta effekter av skadans art kunde noteras hos Cu-plantorna som planterats under våren 2009.

**Tabell 4.** Effekten av skadornas typ (ingen skada, viltskada, frostska eller annan skada) på olika tillväxtvariabler för plantor som har odlats fram i koppar behandlade- (Cu) eller kontrollbehållare (K) och planterats under hösten 2008 (H08) eller våren 2009 (V09). En bokstav indikerar signifikant skillnad hos en tillväxtvariabel (rad) mellan plantor i en kategori och planteringssäsong (kolumn) (Kruskal-Wallis test). Bokstav V betyder att median för viltskadade plantor var lägst, F att median för frostska skadade plantor var lägst och A att median för plantor med andra typer av skador var lägst. Exempelvis har höjdtillväxt påverkats signifikant och haft lägsta median pga viltskador för alla plantor som planterats under hösten 2008 och för kontrollplantor som planterats under våren 2009, medan toppskottets tillväxt påverkades signifikant enbart i kontrollplantor som planterats under våren 2009. Bland dessa plantor hade frostska skadade plantor lägst median.

Planteringssäsong Kategori	Hösten 2008		Våren 2009	
	K	Cu	K	Cu
<i>Tillväxtvariabel</i>				
Höjd	V	V	V	
Toppskott			F	
Stamdiameter			V	
Antal sidorötter (övre)	V		V	
Antal sidorötter (nedre)			F	
Antal rötter (botten)				
Vikt sidorötter (övre)				
Vikt sidorötter (nedre)			F	
Vikt rötter (botten)		A		
Vikt stam	V		V	
Total antal rötter	V		V	
Total vikt rötter	V	V	V	



## 4. Diskussion

Resultat från denna studie pekar på att såväl rotutveckling som ovanjordtillväxt hos täckrotsplantor under etableringsfasen upp till ca 1 år efter planteringen skiljer sig mellan plantor som har odlats fram i behållare med eller utan kopparbehandling. Plantor som hade odlats i kopparbehandlade behållare hade i flera avseenden bättre rotutveckling än kontrollplantor, vilket stödjer min ursprungliga hypotes att rötterna får en bättre utveckling i fält när de odlas i kopparbehandlade behållare.

Kopparbehandlingens positiva effekt var särskilt tydlig för plantor som hade planterats hösten 2008. Att Cu-plantorna under denna säsong producerade mer biomassa, var längre och hade en grövre stam än kontrollplantorna är i linje med resultaten från flera andra studier som också tyder på att Cu-plantorna har grövre stamdiameter än plantor som odlats fram med andra metoder (Tsakalimi, 2006; Aldrete m fl., 2002). En grov stam är en speciellt viktigt egenskap hos barrträdsplantor eftersom flera studier har visat att stammens diameter korrelerar positivt med plantans motståndskraft mot snytbaggeangrepp (Örlander & Nilsson, 1999; Thorsén m fl., 2001). Att ovanjordsparametrarna var av den mer önskvärda sorten hos Cu-plantorna kan ha att göra med att de, i och med sitt mer jämna och välutvecklade rotsystem, har kunnat ta upp näringsämnen och vatten mer effektivt än kontrollplantorna.

Enligt producenten för den kopparfärg som användes i Södras behållare börjar de hämmade rottipparna att växa på längden redan tre till sex dagar efter att plantan har planterats, dvs när rötterna kommer ur behållaren med koppar och i marken (SePRO, 2010). Cu-behandlade plantor tenderar även att ha grövre rötter än icke kopparbehandlade plantor (Pacific Regeneration, 2000), vilket kan förklara att rotvikten för flera delar var högre hos Cu-plantorna än hos kontrollplantorna. I min studie var även rotnän betydligt mindre förekommande hos Cu-plantorna än hos kontrollplantorna för växtsäsongen 2008. Att rotnän var färre hos Cu-plantorna än hos kontrollen kan bero på att kopparhydroxiden gör så att rottipparnas tillväxt avstannar istället för att byta riktning (och då bilda ett knä) när de når behållarväggen.

Mellan Cu- och kontrollplantorna som blev planterade under våren 2009 fanns det inte lika tydliga skillnader. Plantor som hade odlats i kopparmålade behållare var dock längre och hade fler rötter totalt och i substratklumpens övre del än kontrollplantor. Att Cu-plantorna även från denna planteringssäsong dessutom hade signifikant färre rotnän som uppkommit i odlingsstadiet antyder att dessa plantor hade en god etableringspotential.

Skillnader i tillväxtvariablernas magnitud och riktning mellan plantor från olika planteringssäsonger kan bero på att plantor som analyserades under hösten 2009 befann sig i etableringsfasens olika stadier. Vid denna tidpunkt hade plantorna från hösten 2008

stått i marken under hela vegetationsperioden 2009, medan vissa plantor planterade våren 2009 kan ha kommit i jorden sent under planteringssäsongen som pågår till maj/juni. Med andra ord var plantorna som planterades våren 2009 troligen i en tidigare etableringsfas än de plantor som planterades hösten 2008. Detta kan förklara varför plantorna från planteringssäsongen 2008 uppvisar väldigt liten, om någon, respons på skillnad i fuktighet, jämfört med plantorna från våren 2009.

Viltbetning och frostsador hos plantorna skiljde sig mycket mellan olika lokaler, på vissa lokaler var plantorna nästan helt nedbetade, medan plantorna på andra lokaler var nästan helt orörda. Viltbetningen av plantorna planterade våren 2009 var mycket lägre än av plantorna planterade hösten 2008. Detta kan enklast förklaras med att betestrycket är högst under vintern när det finns dåligt med annan föda. Till skillnad från 2008 års plantor var 2009 års plantor aldrig utsatta för vinterbetning. Däremot var andelen frostskadade plantor större bland de som planterats våren 2009 än hösten 2008 för både Cu och kontroll. Det är viktigt att notera att färre frostsador under hösten 2008 inte betyder att dessa skador inte skulle ha förekommit hos plantorna. Endast den dominerande och allvarligaste skadan har tagits med i undersökningen och i de flesta fall var viltbetningen mer allvarlig än frostsadan. Viltet går oftast på toppskottet medan frostsador förekommer allmänt på skott (Bergström m fl., 2003).

Att skadans grad påverkade flertalet av parametrarna hos både Cu- och kontrollplantor från båda planteringssäsongerna ter sig naturligt. Att plantorna med skadegrad 1 eller 2 under hösten 2008 visade högre ovanjordstillväxt än motsvarande utan skador kan däremot förefalla oväntat. Det stödjer dock resultat från flera tidigare studier kring skadornas effekter på vedartade växter (Bast & Reader, 2003). När en planta blir lätt eller måttligt skadad och t ex förlorar den apikala meristemvävnaden i toppskottet, kan andra (laterala) meristematiske vävnader aktiveras. Om plantan har kvar ett tillräckligt stort antal av dessa meristemvävnader, samt tillgång till tillräckligt stora resurser (vatten, näringsämnen) kan tillväxten av vissa delar stimuleras av skadan. Denna respons kallas *kompensatorisk tillväxt* eller *överkompensation* (Bast & Reader, 2003). Om plantan dock blir allvarligt skadad, förlorar en betydande del av meristemer och har bristande tillgång till resurser, påverkas dess tillväxt negativt. I min studie återfanns en olinjär respons hos ovanjordstillväxten på skadans grad hos såväl kontroll- som Cu-plantor. Detta indikerar att plantor i olika kategorier inte har någon tydlig skillnad i sin kapacitet att aktivera meristemer för att kompensera för skadan. Att den olinjära effekten av skadegrad generellt sett verkade vara något vanligare hos plantor som planterats under hösten 2008 kan återigen tyda på att dessa plantor hade hunnit etablera sig bättre och därför lättare klarade den omallokeringen av resurser som en överkompensatorisk respons krävde.

Denna studie utfördes på praktiskt anlagda planteringar vilket innebär att det kan skilja sig i grundläggande förutsättningar mellan lokaler från samma säsong och kategori. Saker som ståndort, betestryck, mm kan ha varierat i större eller mindre omfattning

mellan lokaler, vilket troligen skapade bakgrundsvariation i mitt material och minskade kraften i min statistiska analys. Den genetiska variationens påverkan undersöktes inte i denna studie, men det är tänkbart att en del skillnader mellan plantorna grundade sig i genetiska skillnader mellan kontroll- och Cu-planter som hade olika ursprung.

## 5. Slutsatser

Det har under årens lopp skrivits ett flertal rapporter om problemen med täckrotsplantor avseende rotdeformationer och instabilitet till följd av detta (Hultén, 1982; Almqvist, 1998). Resultaten från denna studie tyder på att täckrotsplantor som odlats i kopparbehandlade behållare har bättre rotutveckling (t ex färre rotknän). Mina resultat stödjer därmed uppfattningen att kopparbehandling av odlingsbehållare kan rekommenderas som en lösning på problemet med de rotdeformationer som uppkommer vid odling i behållare. Plantor med ett redan från början välutvecklat rotsystem bör med största sannolikhet kunna växa upp till att bli stabila träd som kan stå emot väder och vind. Vidare verkar det som om kopparbehandlade plantor på sina välfungerande rotsystem får en god ovanjordstillväxt under etableringsfasen.

Mina resultat tyder på att Cu-plantor etablerar sig snabbare än kontrollplantor i fält. En väletablerad planta har bättre motståndskraft mot angrepp av skadegörare och väderskador. Detta kan tänkas medföra en ökad tålighet för snytbaggeangrepp hos Cu-plantor, vilket i sin tur skulle kunna leda till färre avgångar. Sambandet mellan Cu-behandling och snytbagge resistens har dock inte än undersökts. I fall ett positivt samband finns, skulle kostnader för hjälpplantering och försenad och eventuell minskad inkomst från beståndet att utgå vid användning av Cu-plantor.

En tänkbar nackdel med kopparbehandling är dess kostnad som utgörs av inköp av färg och det extra arbetsmoment som målning av behållare innebär. Vinsten av kopparbehandling kan dock överväga dessa kostnader (Henriksson, *muntl.*). Eftersom Cu-plantorna är lätta att lyfta ur sina behållare och detta kan göras mekaniskt, blir arbetsbördan och belastningen för arbetarna minimal, jämfört med t ex med användning av luftspaltsplantor som ibland måste slitas upp för hand. Ur ekonomisk synpunkt och med tanke på möjligheten att minska arbetsbelastning är kopparbehandling av odlingsbehållare därför ett intressant system.

En annan möjlig nackdel med kopparbehandling är dess möjliga effekt på miljön. Exempelvis i Kanada ses läckage av koppar från plantorna i fält som ett större problem (Krasowski, *muntl.*). I Sverige anses dock att eftersom relativt stora mängder koppar finns naturligt i marken har den mängd koppar som avgår från plantorna ut i naturen troligen ingen betydelse under en omloppstid (Henriksson, *muntl.*). I plantskolor finns dock höga mängder av koppar koncentrerat under målning och förvaring av plantor och det kan vara ett problem med läckage. Hos Södra Odlarna har man löst detta genom att alla odlingsbehållare målas manuellt i ett slutet system utan brunnar där allt spill samlas upp (Henriksson, *muntl.*). De nymålade odlingsbehållare förvaras alltid under tak eller presenning. De nya frilandsramperna, som anlagts från 2009, är försedda med tät gummiduk vilket gör att allt dräneringsvatten kan återanvändas. Dessutom mäts

kopparhaltsförändringarna i markprofilen på frilandsramperna så att inte koppar ackumuleras i för höga halter (Henriksson, *muntl.*).

Min rekommendation efter denna studie är att kopparbehandling av odlingsbehållare kan med fördel användas för att få fram de plantor som marknaden efterfrågar. Kunskapsluckor kring kopparläckage bör dock fyllas med studier i svenska förhållanden. Det bör även kartläggas huruvida Cu-behandlingens effekt varierar mellan plantor med samma genetiska bakgrund.

## Referenser

- Ackzell, L. (1998). Rotutveckling och stabilitet – problemets omfattning och art i Sverige. Rotutveckling och Stabilitet. Konferens i Garpenberg, 30 sep – 1 okt 1997. *SkogForsk Redogörelse* 7:18-19.
- Aldrete, A., Mexal, J.G., Phillips, R. Vallotton A.D., (2002). Copper coated polybags improve seedling morphology for nursery-grown Mexican pine species. *For. Ecol. Manage.* **163**:197-204.
- Almqvist, C. (1998). Rotutveckling och Stabilitet. Konferens i Garpenberg, 30 sep – 1 okt 1997. *SkogForsk Redogörelse* 7. 99 sidor.
- Beeson, R.C. & Newton, R. (1992). Shoot and root responses of eighteen southeastern woody landscape species grown in cupric hydroxide-treated containers. *J. Environ. Hort.* **10**(4):214-217.
- Bergström, R., Bergquist, J. & Bergquist, G. (2003). Rådjursbete på barrplantor - mönster och effekter. *Skogforsk Resultat* **19**.
- Ellergård, S. (1995). Spridning i mark av koppar, krom och arsenik från CCA-impregnerade telefonstolpar. *SLU, Inst. markvetenskap, avd. för marklära och ekonomi, Examens- och seminariearbeten*. Nr **16**.
- Hofsten, von H. (1998). Sammanfattning av diskussion och synpunkter i samband med föredragen. Rotutveckling och Stabilitet. Konferens i Garpenberg, 30 sep – 1 okt 1997. *SkogForsk Redogörelse* 7:15-16.
- Hultén, H. (1982). Rotdeformationer hos skogsplanter – nordiskt symposium. *SLU. Inst. Skogsproduktion. Rapport* **8**. 211 sidor.
- Johansson, K. & Welander, T. (2006). Plantproduktion. Web-boken om Gran. Granprogrammet.  
<http://www-gran.slu.se/Webbok/PDFdokument/Plantprodukton.pdf>
- Lindström, A. (1998). Rotdeformationer och deras konsekvenser för täckrotsplantornas etablering och framtida kvalitetsutveckling. Rotutveckling och Stabilitet. Konferens i Garpenberg, 30 sep – 1 okt 1997. *SkogForsk Redogörelse* 7:53-62.
- Nelson, W.R. (1992). Chemical root-pruning proves versatile. Transplant Production Systems. *Acta Horticult.* **319**:353-357.
- Nilsson, S. (2008). Upptag av tungmetaller från aska i skogsvegetation. *Lunds Universitet*  
[http://www.gu.ekol.lu.se/bior52/Tillampade\\_uppdrag\\_2008/upptagavtungmetaller.pdf](http://www.gu.ekol.lu.se/bior52/Tillampade_uppdrag_2008/upptagavtungmetaller.pdf)
- Pacific Regeneration. (2000). Copper root-pruning of conifer forestry seedlings. Pacific Regeneration Technologies Inc.  
<http://www.prt.com/sites/prtgroup/uploads/1237820247529.pdf>

- Rosvall, O. (1998). Rotsystemets stabilitetsmekanik ställer krav på plantodlingsbehållares utformning. Rotutveckling och Stabilitet. Konferens i Garpenberg, 30 sep – 1 okt 1997. *SkogForsk Redogörelse* **7**:32-36.
- SePRO. (2006). [online] 2006-07-03.  
[http://www.hydrotechusa.com/msds/SpinOut\\_MSDS.pdf](http://www.hydrotechusa.com/msds/SpinOut_MSDS.pdf). Tillgänglig 2010-01-28
- SePRO. (2010). [online]. <http://www.sepro.com/default.php?page=spinout> Tillgänglig 2010-01-28
- Södra Odlarna (2009). Södra-plantan.  
[http://www.sodra.com/Documents/PDF/Skogliga\\_tjanster/Sodra-plantanA5.pdf](http://www.sodra.com/Documents/PDF/Skogliga_tjanster/Sodra-plantanA5.pdf)
- Thorsén, Å., Mattsson, S. & Weslien, J. (2001). Influence of stem diameter on the survival and growth of containerized Norway spruce seedlings attacked by pine weevils (*Hylobius abietis*). *Scand. J. For. Res.* **16**: 54–66.
- Tsakalimi, M.N. & Ganatsas, P.P. (2006). Effect of chemical root pruning on stem growth, root porphology and field performance of the Mediterranean pin *Pinus halepensis* Mill. *Scientia Horticulturae* **109**: 183-189.
- Täljemark, K. & Öberg, K (2003). Tallbark för saneringsändamål – En studie över tallbarks sorptionskapacitet för tungmetaller och polyaromatiska kolväten. *Inst. kemiteknik. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet*, Examensarbete Civilingenjörsexamen 240 ECTS
- Wenny, D.L., Liu, Y., Dumroese, R.K., & Osborne, H.L. (1988). First year field growth of chemically root pruned containerized seedlings. *New For.* **2**:111-118
- Zahreddine, H.G., Struve, D.K. & Quigley, M. (2004). Growing *Pinus nigra* seedlings in Spinout<sup>TM</sup>-treated containers reduces root malformation and increases growth after transplanting. *J. Environ. Hort.* **22**: 176-182.
- Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of reforestation methods on pine weevil (*Hylobius abietis*) damage and seedling survival. *Scand. J. For. Res.* **14**: 341–354.

### Personlig kommunikation

- Henriksson, J. (2009). Produktionchef. Södra Odlarna. 09-12-10. Falkenberg
- Krasowisk, M. (2009). Professor and Director of Forestry and Ecosystem Management Program, Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick. Våren 2009. Fredericton. New Brunswick. Kanada
- Petersson, M. (2009). Skogsskötselspecialist, Södra Skog. Hösten 2009. Växjö





## Bilaga 1.

**Tabell 1.** Normalvärden (1961-1990) för klimat och vegetationsperiod i Kronobergs län

Kronobergs län, normalvärden 1961-1990*		
Årsmedeltemp.	7	° C
Veg.period	210-240	dygn
T-Sum	1300-1500	dygnsgrader
Årsnederbörd	700	mm
Nbd under veg.per	450-500	mm
Vårfrost sista datum	15	maj
Höstfrost första datum	15	sep

\* Markinfo (2007) SLU, Inst. mark och miljö [online] 2007-02-10. <http://www.markinfo.slu.se>. Tillgänglig 2009-12-16



## Bilaga 1.

**Tabell 1.** Normalvärden (1961-1990) för klimat och vegetationsperiod i Kronobergs län

Kronobergs län, normalvärden 1961-1990*		
Årsmedeltemp.	7	° C
Veg.period	210-240	dygn
T-Sum	1300-1500	dygnsgrader
Årsnederbörd	700	mm
Nbd under veg.per	450-500	mm
Vårfrost sista datum	15	maj
Höstfrost första datum	15	sep

\* Markinfo (2007) SLU, Inst. mark och miljö [online] 2007-02-10. <http://www-markinfo.slu.se>. Tillgänglig 2009-12-16